






MEASURING THE LENGTH OF AN ELECTRICAL LINE

Patent number: DE3712780 (A1)
Publication date: 1987-10-22
Inventor(s): CHEN JIANN-NENG [US]; COHEN STEPHEN ABBOTT [US]
Applicant(s): TERADYNE INC [US]
Classification:
- **international:** G01B15/00; G01B17/00; G01B21/02; G01R31/11; G01S13/12;
G01B15/00; G01B17/00; G01B21/02; G01R31/08; G01S13/00;
(IPC1-7): G01R31/11
- **european:** G01R31/11; G01S13/12
Application number: DE19873712780 19870415
Priority number(s): US19860852842 19860416

Also published as:

 DE3712780 (C2)
 GB2189364 (A)
 CA1260540 (A1)
 JP63001912 (A)
 FR2597608 (A1)

more >>

Abstract not available for DE 3712780 (A1)

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 12 780.2
22 Anmeldetag: 15. 4. 87
43 Offenlegungstag: 22. 10. 87

Verordn. Nr. 1/87
Verordn. Nr. 1/87

DE 37 12780 A1

34 Unionspriorität: 32 33 31
16.04.86 US 852842

71 Anmelder:
Teradyne Inc., Boston, Mass., US

74 Vertreter:
von Bezold, D., Dr.rer.nat.; Schütz, P., Dipl.-Ing.;
Heusler, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:
Chen, Jiann-Neng, Newton, Mass., US; Cohen,
Stephen Abbott, Andover, Mass., US

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Länge einer elektrischen Leitung

Verfahren und Einrichtung zur genauen und schnellen Messung der Länge einer zu testenden Leitung bis zu einer elektrischen Diskontinuität in der Leitung, wobei eine Impulsflanke durch einen Impulsflankengenerator einem Ende der Leitung zugeführt wird, die von der Diskontinuität zu dem einen Ende zurücklaufende reflektierte Impulsflanke detektiert wird, die Erzeugung einer Impulsflanke nach einer vorgegebenen Zeit nach der Detektierung der reflektierten Impulsflanke ausgelöst wird, so daß der Impulsflankengenerator veranlaßt wird, wiederholt die Impulsflanken zu erzeugen mit einer Frequenz, die in Beziehung steht zur Laufzeitverzögerung in der Länge der Leitung und diese Frequenz gemessen wird.

DE 37 12780 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur genauen und schnellen Messung der Länge einer zu testenden Leitung bis zu einer elektrischen Diskontinuität in der Leitung, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
Zuführen einer Impulsflanke an ein Ende der Leitung durch einen Impulsflankengenerator, Detektierung der von der Diskontinuität zu dem einen Ende zurücklaufenden reflektierten Impulsflanke, Auslösen der Erzeugung einer Impulsflanke nach einer vorgegebenen Zeit nach der Detektierung der reflektierten Impulsflanke, so daß der Impulsflankengenerator veranlaßt wird, wiederholt die Impulsflanken zu erzeugen mit einer Frequenz, die in Beziehung steht zur Laufzeitverzögerung in der Länge der Leitung und Messen der besagten Frequenz.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektierung einen Spannungsvergleich mit einer Schwellwertspannung an dem einen Ende der Leitung enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugung einer Impulsflanke die abwechselnde Erzeugung steigender und fallender Impulsflanken enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwertspannung umgeschaltet wird zwischen einem hohen Schwellwert zur Detektierung einer ansteigenden reflektierten Impulsflanke und einem niedrigen Schwellwert zur Detektierung einer fallenden reflektierten Impulsflanke.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Diskontinuität in einem offenen Leitungsende besteht, und daß der hohe Schwellwert nach der Detektierung einer fallenden reflektierten Impulsflanke und daß der niedrige Schwellwert erzeugt wird nach der Detektierung einer ansteigenden reflektierten Impulsflanke.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hohen und niedrigen Schwellwerte erzeugt werden durch einen Schwellwertgenerator, der einen Differenzverstärker mit einem direkten und einem komplementären Ausgang enthält, welche über verschiedene Widerstände mit einem Knotenpunkt verbunden sind, so daß der hohe Schwellwert an dem Knotenpunkt erzeugt wird, wenn die hohe Verstärker Ausgangsspannung an den kleineren Widerstand angelegt wird und die niedrige Verstärker Ausgangsspannung an den größeren Widerstand angelegt wird, und an dem Knotenpunkt der niedrige Schwellwert erzeugt wird, wenn die niedrige Verstärker Ausgangsspannung an den kleineren Widerstand angelegt wird und die hohe Verstärker Ausgangsspannung an den größeren Widerstand angelegt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Diskontinuität in einem offenen Leitungsende besteht, und eine ansteigende Impulsflanke erzeugt wird, nachdem eine fallende reflektierte Impulsflanke detektiert worden ist, und eine fallende Impulsflanke erzeugt wird, nachdem eine ansteigende Impulsflanke detektiert worden ist.
8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich durch einen Differenz-

- ausgangsspannungsvergleich erfolgt, und daß das Differenzausgangssignal des Spannungsvergleichers über Differenzverzögerungsleitungen dem Impulsflankengenerator zugeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz des Impulsflankengenerators an die Impedanz der zu testenden Leitung angepaßt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsflankengenerator zwei parallel geschaltete Verstärker enthält sowie einen Widerstand, der mit den Verstärkern in Serie geschaltet ist und so gewählt ist, daß eine an die zu testende Leitung angepaßte Impedanz erzeugt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hohen und niedrigen Schwellwerte mit den Bereichen hoher Anstiegsgeschwindigkeit der durch den Impulsflankengenerator erzeugten Impulsflanken korrespondieren.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte bei 1/4 und 3/4 des Hochpegels des Impulsflankengenerators liegen.
13. Einrichtung zur genauen und schnellen Messung der Länge einer zu testenden elektrischen Leitung bis zu einer elektrischen Diskontinuität in der Leitung, gekennzeichnet durch einen Impulsflankengenerator (14) zur Erzeugung einer Impulsflanke an einem Ende der Leitung (12), einen Reflexionsdetektor (18, 20) zur Detektierung der von der Diskontinuität an das eine Ende der Leitung zurücklaufenden reflektierten Impulsflanke und zum Auslösen des Impulsflankengenerators, so daß dieser nach einer vorgegebenen Zeit nach der Detektierung der reflektierten Impulsflanke eine Impulsflanke erzeugt, wodurch bewirkt wird, daß der Impulsflankengenerator die Impulsflanken wiederholt erzeugt mit einer Frequenz, die in Beziehung steht zur Laufzeitverzögerung durch die Länge der Leitung (12) und eine Frequenzmeßeinrichtung (25), durch die die besagte Frequenz gemessen wird.
14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflexionsdetektor einen Schwellwertgenerator (20) enthält, welcher eine Schwellwertspannung erzeugt, und einen Spannungsvergleich (18), welcher die Spannung an dem einen Ende der Leitung mit der Schwellwertspannung vergleicht.
15. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsflankengenerator (14) abwechselnd ansteigende und fallende Impulsflanken erzeugt.
16. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwertgenerator (20) die Schwellwertspannung zwischen einem hohen Schwellwert (50), welcher verwendet wird, um eine ansteigende reflektierte Impulsflanke zu detektieren, und einem niedrigen Schwellwert (58), welcher verwendet wird, um eine abfallende reflektierte Impulsflanke zu detektieren, umschaltet.
17. Einrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwertgenerator (20) mit dem Ausgang des Spannungsvergleichers (18) derart verbunden ist, daß er umgeschaltet wird, um den hohen Schwellwert (50) zu erzeugen, nachdem der Spannungsvergleich eine fallende reflektierte Impulsflanke detektiert, und den niedrigen

Schwellwert (58) zu erzeugen, nachdem der Spannungsvergleicher eine ansteigende reflektierte Impulsflanke detektiert.

18. Einrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwertgenerator (20) einen Differenzverstärker enthält mit einem direkten und einem komplementären Ausgang, welche über verschiedene Widerstände (R_0 , R_6) mit einem Knotenpunkt verbunden sind, so daß der hohe Schwellwert (50) an dem Knotenpunkt erzeugt wird, wenn die hohe Verstärker Ausgangsspannung dem kleineren Widerstand (R_6) und die niedrige Verstärker Ausgangsspannung dem größeren Widerstand (R_0) zugeführt wird, und der niedrige Schwellwert an dem Knotenpunkt erzeugt wird, wenn die niedrige Verstärker Ausgangsspannung dem kleineren Widerstand (R_6) und die höhere Verstärker Ausgangsspannung an dem größeren Widerstand (R_0) anliegt.

9. Einrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsflankengenerator (14) eine ansteigende Impulsflanke erzeugt nachdem der Spannungsvergleicher (18) eine fallende reflektierte Impulsflanke detektiert, und eine fallende Impulsflanke erzeugt, nachdem der Spannungsvergleicher eine ansteigende reflektierte Impulsflanke detektiert.

20. Einrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannungsvergleicher (18) einen Differenzausgang aufweist.

21. Einrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal vom Differenzausgang des Spannungsvergleichers (18) über Differenzverzögerungsleitungen (22, 24) dem Impulsflankengenerator (15) zugeführt wird.

22. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Impedanz des Impulsflankengenerators (14) an die Impedanz der zu testenden Leitung angepaßt ist.

23. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Impulsflankengenerator (14) zwei parallel geschaltete Verstärker (26, 28) aufweist sowie einen mit den Verstärkern in Serie geschalteten Widerstand (R_0), der so geschaltet ist, daß die Impedanz an die Impedanz der zu testenden Leitung (12) angepaßt wird.

24. Einrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die hohen (50) und die niedrigen (58) Schwellwerte mit den Bereichen hoher Anstiegsgeschwindigkeit der durch den Impulsflankengenerator erzeugten Impulsflanken korrespondieren.

25. Einrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwellwerte bei 1/4 und 3/4 des Hochpegels des Impulsflankengenerators (14) liegen.

26. Einrichtung nach Anspruch 18, gekennzeichnet durch einen mit dem invertierenden Eingang des Spannungsvergleichers (18) verbundenen Stabilisierungskondensators (C_1).

27. Einrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch die Verwendung in einer Testeinrichtung mit einer Vielzahl von Kanälen, mit einer Multiplexeinrichtung, welche eine Vielzahl von Ausgangsanschlüssen aufweist, die mit den Ausgangsknotenpunkten der Verstärker/Detektorkanäle verbunden sind, und einen gemeinsamen Knotenpunkt, der mit dem Impulsflankengenerator verbunden ist, wobei die zu testende Leitung ein Pfad durch die Multiplexeinrichtung zu einem der besagten Aus-

gangsanschlüsse ist.

28. Einrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch eine Anzeigeeinrichtung und dadurch, daß die Einrichtung in einer tragbaren Einheit enthalten ist mit einer Einrichtung zum Verbinden des Impulsflankengenerators mit verschiedenen elektrischen Leitungen von verschiedenen Einrichtungen.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen der Länge einer elektrischen Leitung und einer Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Laufzeitverzögerung in, oder die Länge einer elektrischen Leitung wird üblicherweise gemessen durch Zeit-Bezirk-Reflexmessung, in dem einem Ende einer Leitung (wobei das andere Ende der Leitung elektrisch offen ist) durch einen Verstärker eine Flanke eines Impulses zugeführt wird, gemessen wird, wann die Flanke der Leitung zugeführt worden ist durch Messung einer ersten Veränderung der Spannung an einem Detektor, der mit demselben Ende der Leitung verbunden ist, und die Rückreflexion von dem anderen Ende der Leitung gemessen wird, durch Abfühlen einer zweiten Spannungsveränderung, wobei die Zeit zwischen den beiden Spannungsveränderungen der zweifachen Laufzeitverzögerung durch die Leitung entspricht. Mit der Messung der beiden Spannungsveränderungen und der Messung derart kurzer Zeitintervalle, welche im Nanosekundenbereich liegen, sind erhebliche Schwierigkeiten verbunden und, um einen endgültigen Meßwert zu erhalten, werden die Resultate aus einer Vielzahl von unabhängigen Messungen gemittelt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Laufzeit in einer elektrischen Leitung schnell und auf einfache Weise gemessen werden kann, und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgabe wurde durch die in den Patentansprüchen gekennzeichnete Erfindung gelöst.

Von den Erfindern wurde festgestellt, daß schnelle und genaue Zeit-Bezirk-Reflex-Messungen der Länge von elektrischen Leitungen erhalten werden können, indem durch einen Impulsflankengenerator einem Ende der Leitung eine Impulsflanke zugeführt wird, das Auftreten der Reflexion der von einer Diskontinuität (z. B. einem offenen Ende) am Ende der Länge der Leitung zurückkehrenden Impulsflanke detektiert wird, die nächste Impulsflanke mit einer vorgegebenen zeitlichen Verzögerung nach der Detektierung einer reflektierten Impulsflanke ausgelöst wird, so daß der Impulsflankengenerator veranlaßt wird, wiederholt Impulsflanken zu erzeugen mit einer Frequenz, die in Beziehung steht zu der Laufzeitverzögerung der Leitung, und durch Messung der Frequenz, mit der die Impulsflanken erzeugt werden. Da die Erzeugung der Impulsflanken und die Detektierung ihrer Reflexionen abhängige Ereignisse sind, wird die gewünschte Genauigkeit mit weniger Impulsflankenreflexionen erreicht als bei der oben beschriebenen bekannten Technik, bei der unabhängige Ereignisse gemessen werden.

Bevorzugte und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein elektrisches Schema einer Einrichtung zum Messen der Länge einer elektrischen Leitung entsprechend der Erfindung.

Fig. 2 ein Blockdiagramm, in dem die in Fig. 1 dargestellte Einrichtung mit Multiplexeinrichtungen verbunden ist, um eine Mehrkanalsteineinrichtung zu bilden.

Fig. 3 ein Blockdiagramm einer alternativen Ausführungsform, bei der die in Fig. 1 dargestellte Einrichtung derart verändert ist, daß sie mit verschiedenen Leitungen verschiedener Einrichtungen verbindbar ist.

Fig. 4 eine graphische Darstellung der Spannung am Ende der zu testenden Leitung und der Detektorschwellwertspannung in Abhängigkeit von der Zeit.

In Fig. 1 ist eine Einrichtung (10) zur Zeit-Bezirk-Reflex-Messung (= time domain reflectometry (TDR)) dargestellt, welche mit einer zu testenden 50 Ohm-Leitung (12) verbunden ist. Die Einrichtung (10) enthält einen Impulsflankengenerator (14), der an einem Knotenpunkt (16) ansteigende und fallende Impulsflanken erzeugt, einen Spannungsvergleicher (z. B. AM685) einen Schwellwertgenerator (20) (z. B. ECL-Differenzverstärker IOH116), Verzögerungsleitungen (22) und (24) (z. B. 50 Ohm-Koaxialkabel mit ca. 2,5 m Länge) und einen Zähler (25).

Der Impulsflankengenerator (14) enthält zwei Differenzverstärker (26) und (28) (z. B. des oben genannten Typs des Schwellwertgenerators 20), die mit ihren Komplementärausgängen parallel geschaltet mit dem Knotenpunkt (16) verbunden sind, über einen in Serie geschalteten Anpassungswiderstand (R_0) mit 47 Ohm, welche zu dem 3 Ohm-Ausgangswiderstand der Kombination der Verstärker (26) und (28) hinzuaddiert wird, so daß der Impulsflankengenerator (14) eine Impedanz von 50 Ohm aufweist, die an die des Kabels (12) angepaßt ist. Ein Anpassungsnetzwerk, das aus einem in Serie geschalteten 50 Ohm-Widerstand (R_0) und einem Kondensator (C_1) besteht, kompensiert jede Ausgangsinduktivität der Verstärker (26) und (28). Die direkten Ausgänge der Verstärker (26) und (28) sind über einen Widerstand (R_3) mit dem Zähler (25) verbunden. Die Verstärker (26) und (28) sind parallel geschaltet, um einen erhöhten Ausgangsstrom und eine niedrigere Ausgangsimpedanz zu erhalten. Ihre körperlichen Verbindungen sind so ausgeführt, daß eine gleiche Verzögerungszeit von zu den Verstärkern (26) und (28) auftritt, damit sie wie eine einzige Schaltung wirken. Die Verstärker (26, 28) und (20) sind auf die gleiche Leiterplatte montiert und zeigen daher eine gute Übereinstimmung ihrer Eingangs- und Ausgangscharakteristiken.

Der Knotenpunkt (16) ist verbunden mit dem nicht invertierenden Eingang des Spannungsvergleichers (18). Die Differenzausgänge des Spannungsvergleichers (18) sind mit Differenzverzögerungsleitungen (22) und (24) und mit dem Schwellwertspannungsgenerator (20) verbunden. Durch Widerstände (R_1 , R_2) und einen normalerweise geöffneten Schalter (29) wird eine Einrichtung gebildet, durch die das Ausgangssignal des Zählers (25) der zu testenden Leitung (12) vorübergehend gestoppt wird.

Der Schwellwertgenerator (20) ist mit seinem direkten und seinem komplementären Ausgang über Spannungsteiler-Widerstände (R_6 , R_9) (300 Ohm bzw. 100 Ohm) mit dem invertierenden Eingang des Vergleichers (18) verbunden. Die Schwellwerte für den Vergleich (18) werden daher durch die Werte der Widerstände (R_6 und R_9) bestimmt. Zwischen den invertierenden Eingang des Vergleichers (18) und des Massepotential ist ein Schwellwertpegelstabilisierungskondensator (C_1) geschaltet.

Die Widerstände (R_1) und (R_2) haben 50 Ohm, die

Widerstände (R_3 und R_4) haben 68 Ohm, die Widerstände (R_7) und (R_8) haben 130 Ohm, der Widerstand (R_{11}) hat 100 Ohm, der Kondensator (C_1) hat 20 pf, der Kondensator (C_2) hat 0,1 mf, der Kondensator (C_3) hat 2 pf und die Spannung (VTT) beträgt -24 Volt. Alle Schaltungsausgänge sind als Differenzausgänge ausgelegt, so daß das Rauschen der Schaltung minimiert wird.

In Fig. 2 ist die Einrichtung (10) zur Zeit-Bezirk-Reflex-Messung dargestellt, die an dem gemeinsamen Anschluß (30) eines 48 : 1 Schlitz- oder Segment-Multiplexers (32) angeschlossen ist, welcher mit achtundvierzig 12 : 1-Kanal-Multiplexern (34) verbunden ist, welche ihrerseits mit den Ausgangsanschlüssen (36) von 576 Verstärker/Detektoreinrichtungen einer Vielkanalsteineinrichtung in Verbindung stehen, die die in Fig. 2 dargestellten Komponenten enthalten. Der Schlitz- oder Segment-Multiplexer (32) und die Kanal-Multiplexer (34) werden dazu verwendet, selektiv die 576 Verstärker/Detektor-Anschlüsse (36) einzeln selektiv mit dem gemeinsamen Anschluß (30) zu verbinden, während die Kalibrierung der 576 Verstärker/Detektoreinrichtungen erfolgt. Die Einrichtung (10) kann daher dazu verwendet werden, die tatsächlichen Verzögerungen durch die verschiedenen Pfade des Segment-Multiplexers (32) und der Kanal-Multiplexer (34) zu bestimmen und sie während der Kalibrierung einzustellen.

In Fig. 3 ist eine Einrichtung (10) zur Zeit-Bezirk-Reflexmessung einer Leitung dargestellt, welcher in eine tragbare derartige Einrichtung (38) inkorporiert ist, welche eine Steuerung (40) und eine Anzeige (42) enthält und über ein Verbindungskabel (44) und einen Schalter (46) mit einer isolierten, zu testenden Leitung (48) einer von dieser getrennten elektrischen Einrichtung verbunden ist.

Beim Betrieb wird der Knotenpunkt (16) der Leitungsmeßeinrichtung (10) mit der zu testenden Leitung (12) verbunden, bei welcher es sich entweder um einen der 576 Pfade zwischen dem gemeinsamen Anschluß (30) und den Verstärker/Detektoranschlüssen (36) über den Segment-Multiplexer (32) und die Kanalmultiplexer (34) (Fig. 2) oder einer zu testenden Leitung (48) einer getrennten elektrischen Einrichtung (Fig. 3) handeln kann. Der Betrieb der Einrichtung (10) kann beginnen mit dem Erzeugen des Ausgangssignals des Spannungsvergleichers (18) auf einem hohen oder niedrigen Pegel.

Angenommen, daß der Vergleich (18) an seinem direkten Ausgang sich anfänglich auf einem niedrigen Zustand befindet, dann wird der Schwellwertgenerator (20) an seinem direkten Ausgang genauso einen niedrigen Zustand oder Pegel aufweisen und einen hohen Pegel an seinem komplementären Ausgang. Aufgrund des Spannungsteilereffekts des 300 Ohm-Widerstands (R_6) und des 100 Ohm-Widerstands (R_9) befindet sich am invertierenden Eingang des Vergleichers (18) eine Schwellwertspannung auf 3/4 des Spannungspiegels für einen hohen Pegel, wie durch den hohen Schwellwert (50) (gestrichelte Linie) in Fig. 4 dargestellt.

Befindet sich der Spannungsvergleicher (18) in einem niedrigen Zustand, so schalten deren Komplementärausgänge nach einer Zeitverzögerung durch die Verzögerungsleitung (22) und (24) und die Laufzeitverzögerung durch die Differenzverstärker (26) und (28) des Impulsflankengenerators (14) von einem niedrigen auf einen hohen Pegel, wodurch eine ansteigende Impulsflanke erzeugt wird. Aufgrund des Spannungsteilereffekts zwischen dem Widerstand (R_6) und der charakteristischen Impedanz der zu testenden Leitung (12) steigt der resultierende Spannungspegel am Knotenpunkt (16)

(V_{10} , in Fig. 4 durchgezogen dargestellt) zunächst auf die Hälfte des Spannungspegels zwischen dem hohen und dem niedrigen Pegel, wie durch den Punkt (52) in der Fig. 4 dargestellt.

Wenn die ansteigende, die zu testende Leitung entlang laufende Impulsflanke auf die Kontinuität an deren offenem Ende trifft, dann wird sie reflektiert und läuft zurück zum Knotenpunkt (16). Da die Diskontinuität der Leitung (12) in einem elektrisch geöffneten Stromkreis besteht, hat die reflektierte Impulsflanke dieselbe Polarität wie die Original-Impulsflanke.

Wenn die reflektierte Impulsflanke am Knotenpunkt (16) ankommt, was dem Punkt (54) in Fig. 4 entspricht, addiert sie sich zu dem bestehenden Spannungspiegel, was zu einem Hochpegel voller Höhe führt. Die reflektierte Impulsflanke endet wegen der angepaßten Impedanz des Impulsflankengenerators (14) und der Leitung (12) und der niedrigen Eingangskapazität des Vergleichers (18). Daher treten keine weiteren Reflexionen auf, welche durch die ursprüngliche Impulsflanke hervorgerufen wären. Wenn die reflektierte Impulsflanke am Knotenpunkt (16) ankommt und damit auch am nicht invertierenden Eingang des Spannungsvergleichers (18), ändert sich das Ausgangssignal des Komparators (18) von einem niedrigen auf einen hohen Pegel, da die Spannung an dem nicht invertierenden Eingang den Schwellwert überschreitet (welcher $3/4$ des Hoch-Pegels entspricht), wie durch den Schnittpunkt (56) in Fig. 4 dargestellt. Das hochpegelige Ausgangssignal des Vergleichers (18) bewirkt, daß der Schwellwertgenerator (20) eine Schwellwertspannung erzeugt, welche auf $1/4$ der hochpegeligen Spannung liegt, als Folge der Umkehrung seines direkten und komplementären Ausgangssignals und des Spannungsteilereffekts der Widerstände (R_6) und (R_8). Dieser Zustand ist durch den niedrigen Schwellwert (58) (gestrichelte Linie) in Fig. 4 dargestellt.

Die durch die Verzögerungsleitungen (22) und (24) bewirkte Verzögerung bestimmt die Zeit, in der der Impulsflankengenerator (14) in den entgegengesetzten Zustand übergeht, nachdem der Vergleich (18) umgeschaltet hat. Dies ist notwendig, um am Vergleichereinigen Verzerrungen der Impulsflanken zu dämpfen bevor ein weiterer Vergleich erfolgt. Nach einer zeitlichen Verzögerung durch die Verzögerungsleitungen (22) und (24) erzeugen die Komplementärausgänge der Verstärker (26) und (28) eine abfallende Impulsflanke, welche zunächst die Spannung am Knotenpunkt (16) auf die Hälfte des Spannungspegels zwischen dem hohen und dem niedrigen Pegel bringt, was wiederum eine Folge des Spannungsteilereffekts ist, wie bereits oben erläutert und als Punkt (60) in Fig. 4 dargestellt. Wenn die fallende Impulsflanke, welche längs der Leitung (12) fortschreitet, die Diskontinuität an deren offenem Ende erreicht, wird sie mit derselben Polarität zurückreflektiert und die Spannung am Knotenpunkt (16) fällt auf den absoluten Niedrig-Pegel. Zu der gleichen Zeit ändert sich die Ausgangsspannung des Vergleichers (18) auf einen niedrigen Pegel, da die Spannung an dessen nicht invertierenden Eingang negativ wird gegenüber der niedrigen Schwellwertspannung ($1/4$ des Pegels) am invertierenden Eingang, wie durch den Schnittpunkt (62) dargestellt.

Der niedrige Pegel am Ausgang des Vergleichers (18) bewirkt, daß sich der oben beschriebene Zyklus wiederholt. Der so hervorgerufene Zyklus hat eine Periode, welche proportional ist zur Laufzeitverzögerung der zu testenden Leitung (12). Genauer bedeutet das, daß die Periode proportional ist zum Vierfachen der Laufzeit-

verzögerung in der Leitung (12) zusätzlich einem feststehenden Offset, welcher resultiert aus der Verzögerung der Verzögerungsleitungen (22) und (24) und der Verzögerungen des Vergleichers (18) und der Verstärker (26) und (28). Die Oszillationsfrequenz wird durch den Zähler (25) bestimmt.

Es kann ein einfacher Zähler verwendet werden, da er nur die Frequenz oder Periode eines sich wiederholenden digitalen Signals mißt. Qualitativ hochwertige Zeitintervallmeßeinrichtungen der Art, wie sie für die Messung der ursprünglichen und der reflektierten Impulsflanke verwendet werden, sind nicht notwendig. Da es sich bei dem Ausgangssignal um eine Frequenz handelt, ist der durch Zufall verteiltes Rauschen bedingte Fehler um $1/N$ reduziert, wobei N die Anzahl der Perioden ist, welche durch den Zähler (25) gemessen werden, was zu einer kurzen Meßzeit führt. Die Mittelwertbildung von unabhängigen Zeitintervallen nach dem bekannten Stand der Technik würde N^2 Zeitintervalle (und damit getrennte Messungen) benötigen, um dieselbe Genauigkeit zu erhalten. Die Einrichtung (10) ist unanfällig gegen Verzerrungen bei der Messung aufgrund leicht unterschiedlicher Impedanzen der 50 Ohm-Leitungen (12), da die hohe und die niedrige Schwellwertspannung bei 50% gesetzt sind, wo die Anstiegsgeschwindigkeiten (Spannung/Zeit) der Verstärker (26) und (28) am größten sind und wo auch der Spannungsvergleich (18) die größte Rauschunempfindlichkeit aufweist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß, da nur die reflektierten Impulsflanken detektiert werden, nicht jedoch die ursprünglichen und die reflektierte Impulsflanken wie beim bekannten Stand der Technik, die Verzögerung in der Detektierung der reflektierten Impulsflanke, nicht jedoch die der ursprünglichen Impulsflanke, welche durch hohe Verstärkeranstiegsgeschwindigkeiten und die Wirkung der begrenzten Bandbreite der zu testenden Leitung einige signifikante Schwierigkeiten hervorruft. Zwischen den Messungen von verschiedenen Leitungen (12) wird der Schalter (29) vorübergehend geschlossen, nachdem eine neue Leitung (12) angeschlossen worden ist, um irgendwelche Reflexionen zu unterdrücken. Wenn die Einrichtung in dem Vielkanalanalysator der Fig. 2 verwendet wird, werden die 576 Pfade durch den Segment-Multiplexer (32) und die Kanal-Multiplexer (34) getrennt mit der Meßeinrichtung (10) zur Zeit-Bezirk-Reflex-Messung verbunden. Die Verzögerung in einem individuellen Pfad gegenüber einem gegebenen Kanalnoten (36) wird dazu verwendet, den Kanal mit anderen Kanälen zu synchronisieren durch ein Verfahren, bei dem ein Pfad durch den Multiplexer, zu einer gemeinsamen Synchronisationsschaltung aufgebaut wird.

Wenn eine tragbare Meßeinrichtung (38) zur Zeit-Bezirk-Reflex-Messung verwendet wird, wie in Fig. 3 dargestellt, wird das Schwingungsintervall, in dem der Schalter (32) geöffnet ist, von dem Intervall abgezogen, in dem der Schalter (32) geschlossen ist und durch vier geteilt, um die Laufzeitverzögerung der zu testenden Leitung (48) zu erhalten.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen, wenn die Meßeinrichtung zur Zeit-Bezirk-Reflexmessung verwendet wird, um eine Leitung mit einer anderen Impedanz, z. B. 75 Ohm oder 100 Ohm zu messen, kann die Impedanz des Impulsflankengenerators (14) durch Verwendung eines Widerstands (R_6) mit 72 Ohm bzw. 97 Ohm leicht an die Impedanz der Leitung angepaßt werden.

3712780

15.04.87

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 12 780
G 01 R 31/11
15. April 1987
22. Oktober 1987

